



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

JEDNOTRÁMOVÝ MOST

ONE SPAN TEE BEAM BRIDGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Pastucha

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Marek Pastucha
Název	Jednotrámový most
Vedoucí práce	Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry

Základní normy:

ČSN 736201: Projektování mostních objektů

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady

Literatura: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Na zadaný problém zpracujte dvě až tři studie konstrukce o jednom poli včetně jejich zhodnocení. Dále se zaměřte na návrh vybrané jednotrámové konstrukce o jednom poli. Pro kolmý most můžete provést úpravy v niveletě, popř. v profilu řeky včetně délky přemostění.

Dimenzování proveďte podle mezních stavů v rozsahu stanoveném vedoucím práce. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Podklady, studie a vizualizace

P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Predmetom bakalárskej práce je návrh predpätej lávky cez rieku. Z troch variant bol zvolený jednostranne votknutý predpätý trám. Výpočet vnútorných síl bol urobený v programe SCIA Engineer a posúdenie v ručným výpočtom a v programe MS Excel. Konštrukcia bola posúdená na medzný stav únosnosti a použiteľnosti. Výpočet bol spravený podľa platných noriem.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

trámový most o jednom poli, pešia lávka, predpätý betón, železobetón, parabola, medzný stav únosnosti, medzný stav použiteľnosti.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is design of pedestrian bridge across the river, which is made from prestressed concrete. Out of three proposed variants was chosen beam construction which one support is fixed. Calculation of load cases was made by manual calculation and by softwares SCIA Engineer and MS Excel. The construction was designed and assessed to the ultimate limit state and the serviceability limit state. The calculation was made according to valid standards.

KEYWORDS

one span beam bridge, pedestrian bridge, prestressed concrete, reinforced concrete, ultimate limit state, serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Marek Pastucha *Jednotrámový most*. Brno, 2021. 26 s., 154 s. příl. Bakalářská práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných
konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Radim Nečas, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Jednotrámový most* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2021

Marek Pastucha
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Jednotrámový most* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2021

Marek Pastucha
autor práce

POĎAKOVANIE

V prvom rade chcem poďakovať mojim rodičom ktorý ma celý čas podporujú v štúdiu. Hlavne vďaka nim som mohol študovať a napísať túto prácu. Ďalej by som rád poďakoval vedúcemu práce Ing. Radimovi Nečasovi, Ph.D. za jeho trpezlivosť odborné rady a ochotu pomôcť. V neposlednom rade by som rád poďakoval mojim kamarátom a známym ktorí mi pomohli pri štúdiu.

Obsah

1	Úvod	9
2	Podklady	9
2.1	Terén	9
2.2	Tvar mosta	10
3	Varianty	10
3.1	Variant A	10
3.2	Variant B	11
3.3	Variant C	12
4	Tvorba geometrie konštrukcie	14
4.1	Tvorba pozdĺžnej geometrie	14
4.2	Tvorba priečnej geometrie	15
5	Založenie a spodná stavba	15
5.1	Geotechnické podmienky	16
6	Predpätie	17
6.1	Trasovanie káblov	17
7	Výpočtový model	17
7.1	Predpätie vo výpočtovom modeli	19
8	Materiálové charakteristiky	19
9	Trvanlivosť a krycia vrstva	20
10	Zaťaženie	20
10.1	Stále	20
10.1.1	Vlastná tiaž	20
10.1.2	Predpätie	20
10.2	Premenné	21
10.3	Kombinácie zaťaženia	21
10.3.1	Medzný stav únosnosti	21
10.3.2	Medzný stav použiteľnosti	21
11	Medzný stav použiteľnosti	22
12	Medzný stav únosnosti	22
12.1	Ohyb	22
12.2	Šmyk	24
	24
12.3	Posúdenie v priečnom smere	25
13	Kotevná oblasť	25
14	Záver	25

1 Úvod

Cieľom bakalárskej práce je návrh a posúdenie jednotrámového mostu o jednom poli z predpätého betónu.

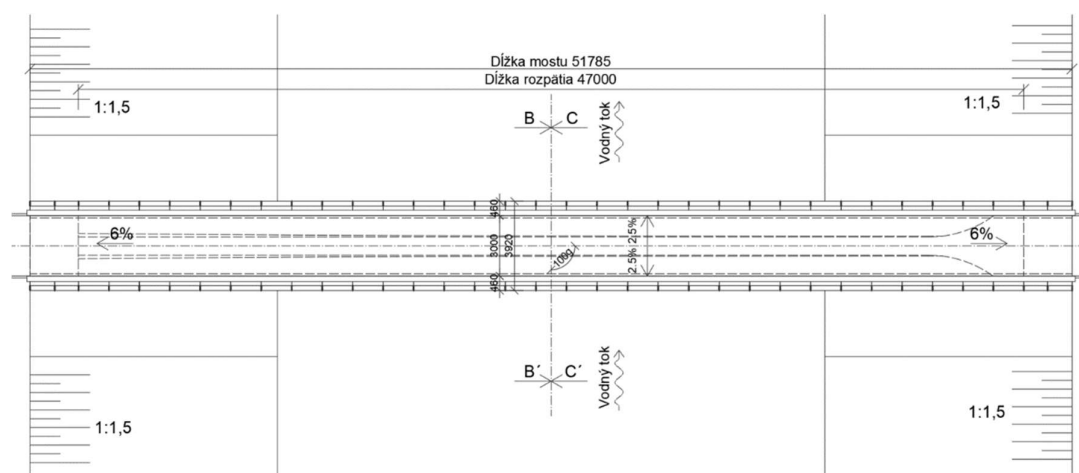
Boli vypracované tri štúdie možného riešenia z ktorých bola vybraný variant C pre podrobné vypracovanie. Variant C je jednostranne votknutá lávka ktorej nosný trám má parabolický nábeh a lichobežníkový prierez. Výpočet vnútorných síl bol vyhotovený v programe SCIA Engineer. Do modelu boli pri votknutí zahrnuté tuhosti podpôr predstavujúce skupiny pilót. Výpočet ďalej zahŕňa návrh predpätia, posúdenie mostovky a posúdenie konštrukcie na medzný stav únosnosti a použiteľnosti.

Súčasťou práce je výkresová dokumentácia narysovaná v programe AutoCAD a vizualizácia vytvorená v programoch Rhinoceros a LUMION.

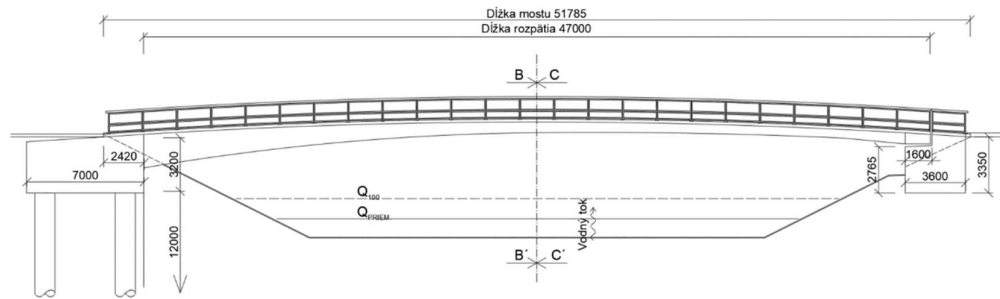
2 Podklady

2.1 Terén

Prvý podklad bol terén do ktorého sa most musel osadiť a geometricky sa k nemu prispôbiť. Bolo uvažované jednoduché lichobežníkové koryto vo fluvialnom prostredí. Tomu odpovedá aj skladba zemín v ktorom sa počítalo založenie pilót, ktoré je typické pre riečne prostredie.



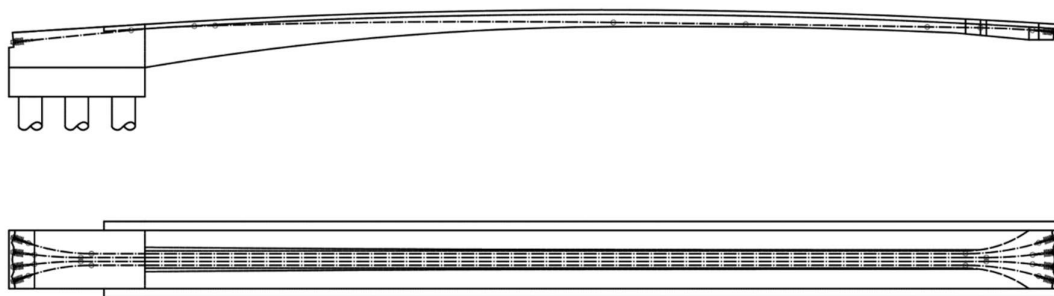
Obrázok 1: Pôdorys terénu



Obrázok 2: Rez terénom

2.2 Tvar mosta

Ďalší podklad ktorého sa návrh držal bola statická schéma, predpokladaný parabolický tvar mostovky, votknutá jedna podpera a priebeh káblových dráh.



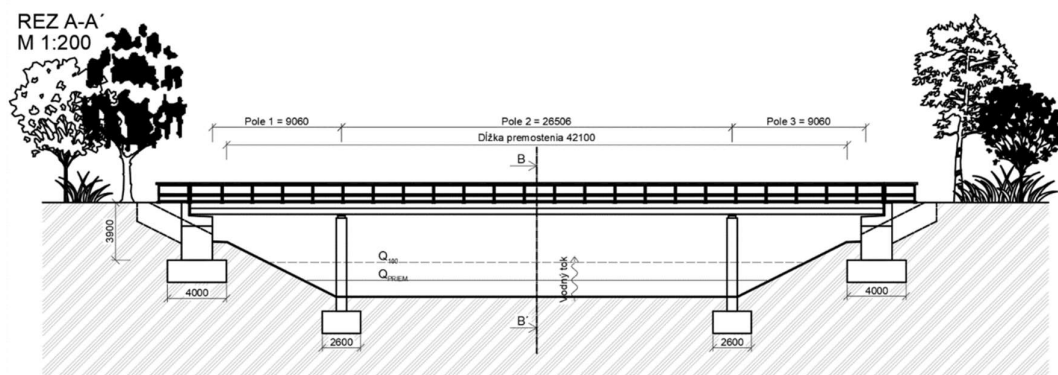
Obrázok 3: Tvar mosta

3 Varianty

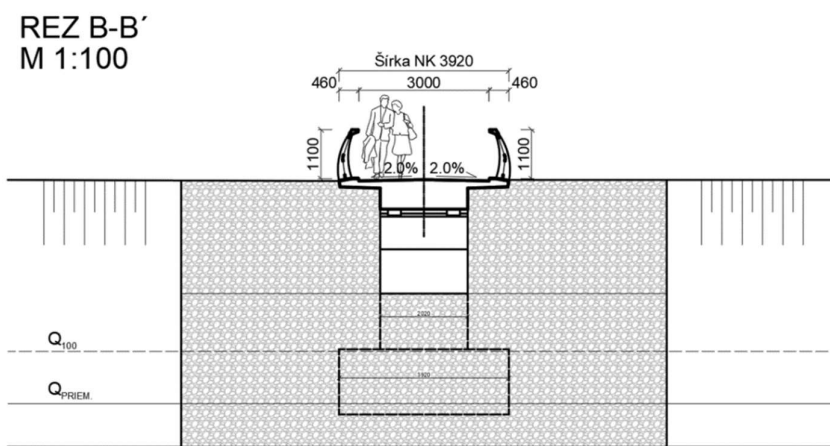
3.1 Variant A

Prvým variantom je spojitý viacpólový proste uložený trámový most. Rozpätie krajných polí je 9,0m a vnútorné pole má rozpätie 26,5m. Trám je prepätý a uložený na krajných operách uložených na plošnom základe a na medziláhlych podperách – stĺpoch uložených na základových pätkách. Šírka nosnej konštrukcie je 3,92 m a voľná šírka je 3,0m. Doska mostovky má priečny sklon 2,0%.

Výhodou tejto varianty je jednoduchšia výstavba a projektovanie. Nevýhodou je nezaujímavý vzhľad a podpery umiestnené v koryte rieky.



Obrázok 4: Variant A

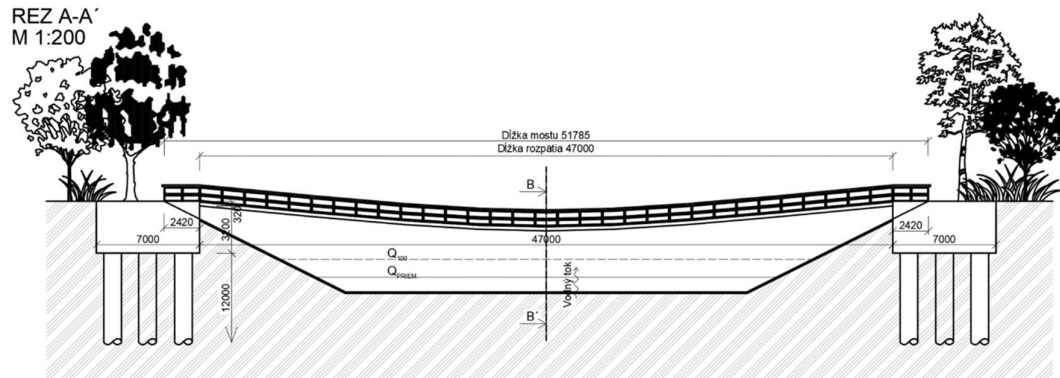


Obrázok 5: Variant A rez

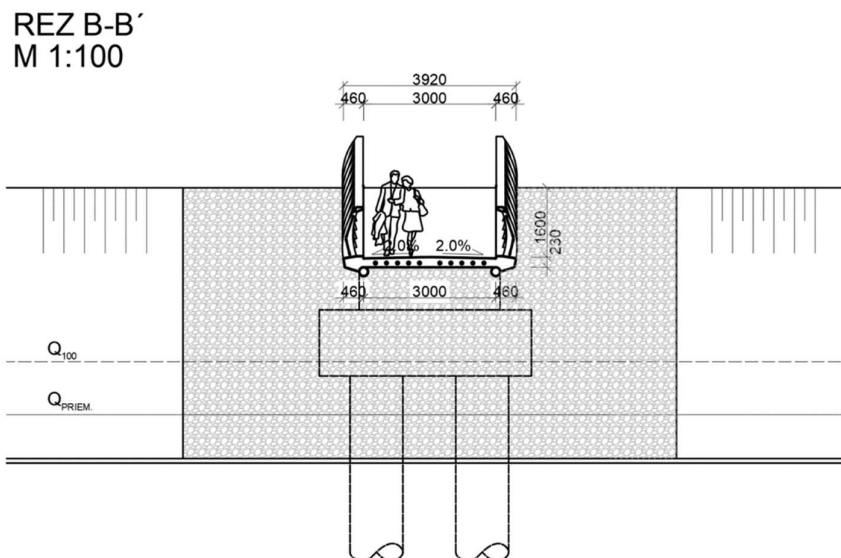
3.2 Variant B

Druhým variantom je lávka tvorená z predpätého pásu. Konštrukcia je jednopólová na celú šírku koryta rieky. Rozpätie poľa je 47m. Šírka nosnej konštrukcie je 3,92m a voľná šírka je 3,0m. Konštrukciu tvoria segmenty umiestnené na nosných lanách. Nosné laná sú zakotvené do krajných kotevných blokov ktoré sú uložené na pilótach, alebo sú do zeme zakotvené zemnými kotvami.

Výhodou konštrukcie je preklopenie rieky bez nutnosti medzilahlých opier a estetický vzhľad. Nevýhodou je vyššia cena spojená so zložitejším zakladaním nakoľko je potrebné preniesť značnú vodorovnú reakciu od zaťaženia. Cenu zvyšuje aj zložitejší statický výpočet.



Obrázok 6: Variant B



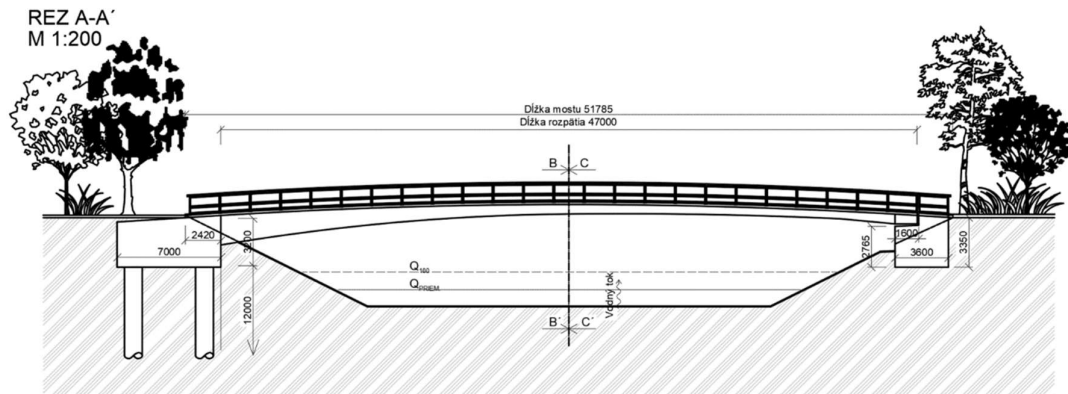
Obrázok 7: Variant B rez

3.3 Variant C

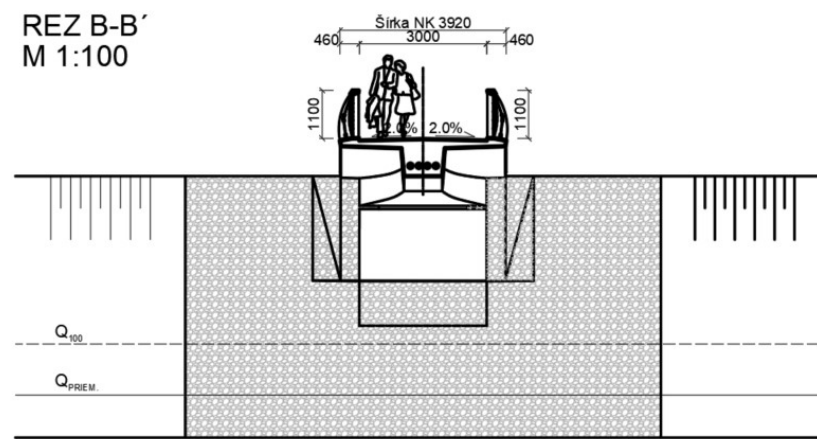
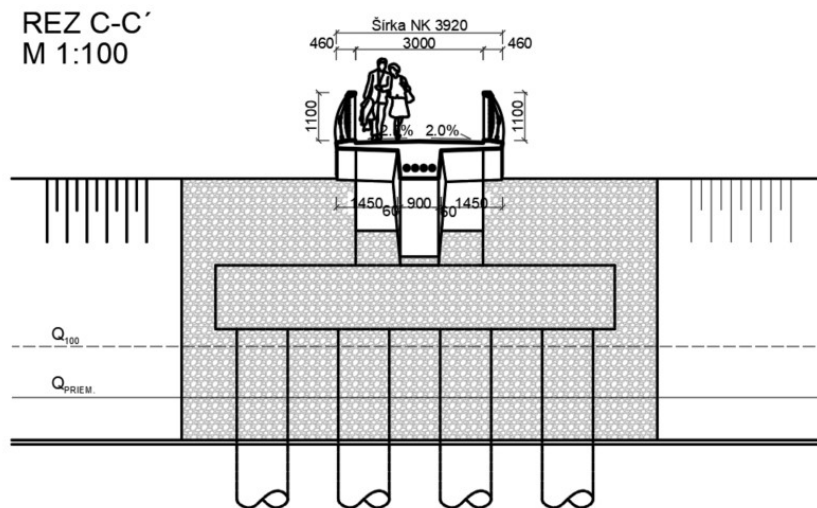
Tretím variantom je nesymetrická trémová jednostranne votknutá konštrukcia z dodatočne predpínaného betónu. Konštrukcia má jedno pole dĺžky 47m. Trám má parabolický nábeh a doska mostovky je tiež v tvare paraboly a má prečny sklon 2%. Šírka nosnej konštrukcie je 3,92m a voľná šírka je 3,0m. Pri votknutí je konštrukcia votknutá do kotevného bloku a ten je uložený na pilótach. Pri posuvnej podpore je konštrukcia založená na plošnom základe.

Výhodou konštrukcie ako aj pri predpätom páse je preklopenie koryta bez medziľahlých podpôr. Most je navyše esteticky zaujímavý. Nevýhodou je že sa konštrukcia musí betónovať na pevnej skruži.

Tento variant bol zvolený kvôli dobrému kompromisu medzi cenou a estetickým výzorom.



Obrázok 8: Variant C



Obrázok 9: Variant C, rez B-B', rez C-C'

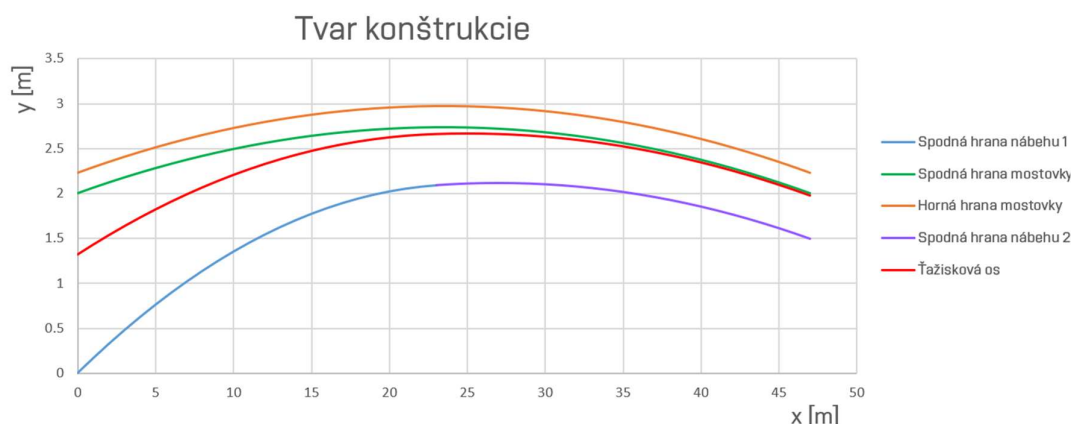
4 Tvorba geometrie konštrukcie

Po určení najlepšieho variantu nasledovalo určenie priečnych rezov, výšky trámu, tvaru nábehu, tvaru mostovky, tvaru dráhy káblov a veľkosti predpínacej sily.

4.1 Tvorba pozdĺžnej geometrie

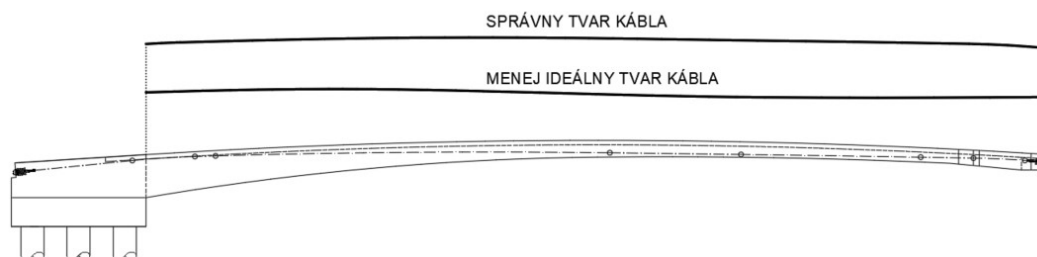
Tvar pozdĺžnej geometrie bol nadefinovaný pomocou MS Excel. Tvar vychádzal z toho že mostovka má mať tvar paraboly bez excentricity a na začiatku a na konci mostovky môže byť maximálny pozdĺžny sklon 8% podľa normy. Iteračným spôsobom v súlade aj s priebehom kábla sa tvar vrchnej paraboly dostal na rozpatie paraboly 47m, vzopätie 0,97m, počiatočný a koncový sklon 6%.

Tvar dolného líca trámu bol riešený obdobným spôsobom. Tam sa dbalo na dostatočnú výšku trámu kvôli prenášaniam ohybových momentov od zaťaženia. Dolný líc sa skladá z dvoch parabol na excentricite, ktoré sa stretávajú v dotýčnici. Dve paraboly miesto jednej boli zvolené preto aby sa docielil štíhlejší tvar konštrukcie a úspora materiálu.



Obrázok 10: Tvar konštrukcie v MS Excel

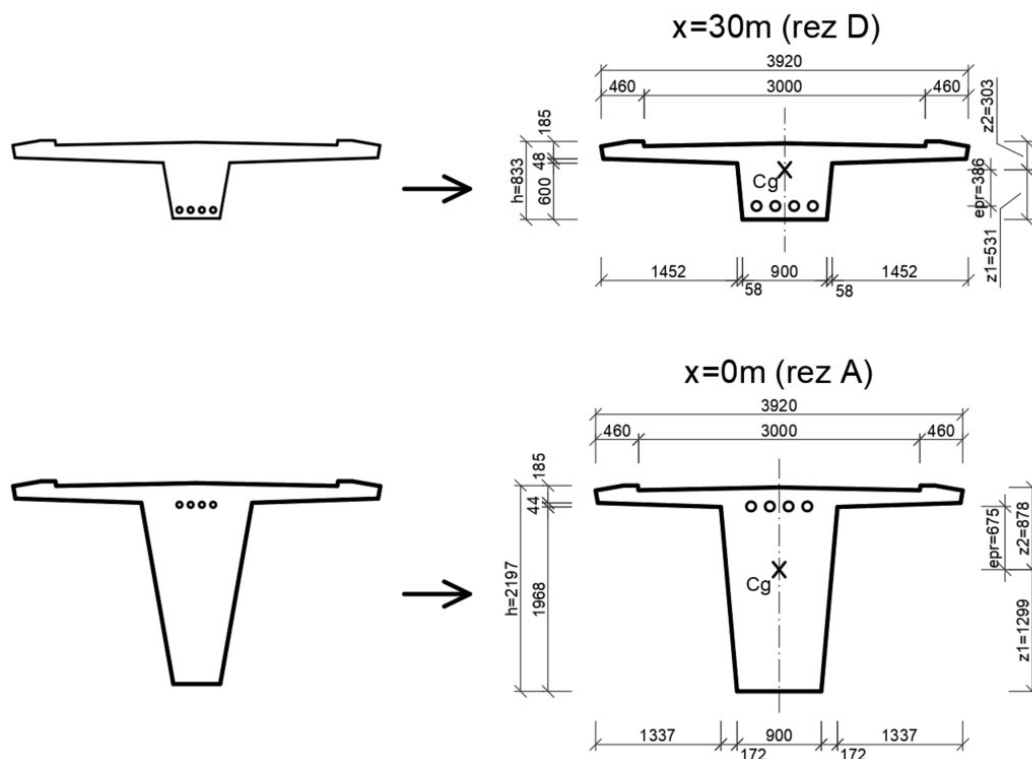
V súlade s horným a dolným lícom sa posúval aj pozdĺžny tvar káblovej dráhy. Snaha bola dostať čo najrovnejší tvar kábla kvôli zníženiu strát trením.



Obrázok 11: Príklady zmeny tvaru kábla v závislosti od vzopätia mostovky

4.2 Tvorba priečnej geometrie

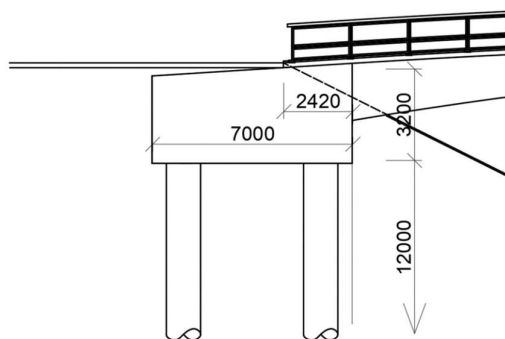
Počas hľadania správnej priečnej geometrie sa aj priečne rezy postupom času vyvíjali. Prierezy boli postupom času zväčšované kvôli nedostatku momentovej únosnosti alebo miesta pre káblové kanáliky. Postupným skúšaním rôznych prierezov nainportovaných do výpočtového modelu sa dospelo ku konečnému výsledku ktorý vyhovie na medzné stavy únosnosti a použiteľnosti.



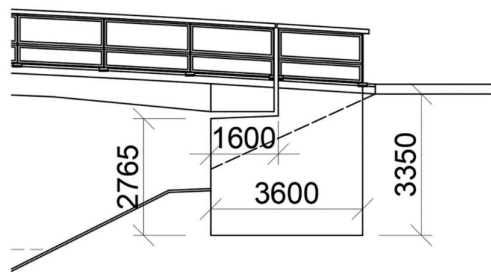
Obrázok 12: Vývoj prierezov pri hľadaní geometrie

5 Založenie a spodná stavba

Vo výpočtovom modeli bolo uvažované aj s tuhosťami podpôr predstavujúce skupiny pilót. Postupom zisťovania geometrie bolo nutné meniť aj počty, priemery a vzdialenosti pilót. Priemery a počty pilót museli byť iteračne zväčšené kvôli nepriaznivému priebehu ohybových momentov na mostovke. Na strane konštrukcie, kde je votknutie, sa mostovka rozširuje do kotevného bloku. Kotevný blok je potom uložený na skupine 8 pilót. Na pravej strane je konštrukcia votknutá pomocou kotevného bloku, základovej dosky a skupiny pilót, na ktorej doska spočíva. Výška kotevného bloku je 3,345m, výška základovej dosky je 1,50 m, výška pilót je 12 m a priemer pilót je 1,2 m. Na ľavej strane je konštrukcia podopretá ako posuvná podpora pomocou elastomérového ložiska ktoré je uložené na základovej doske.



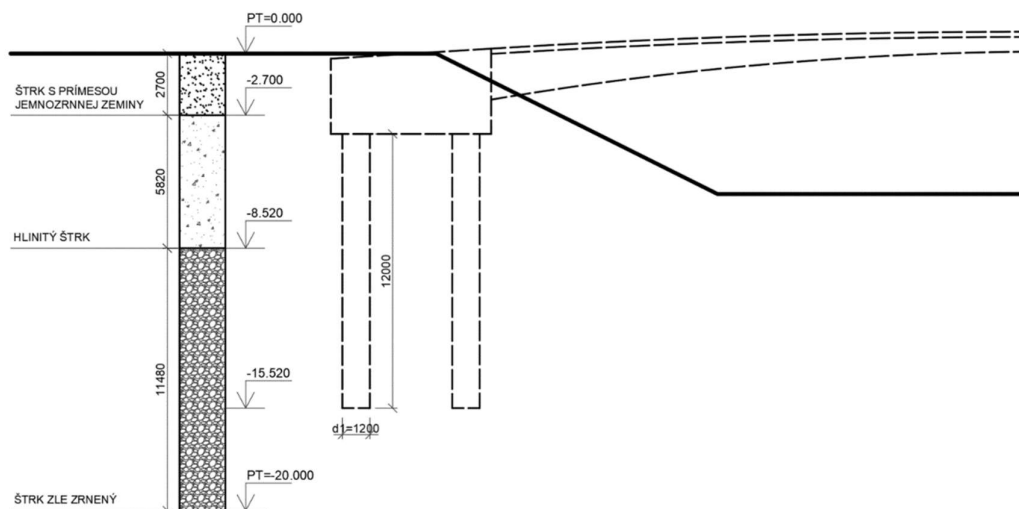
Obrázok 13: Schéma votknutia



Obrázok 14: Schéma posuvného klbu

5.1 Geotechnické podmienky

Konštrukcia sa nachádza v prostredí tvorenom fluviálnymi sedimentami (riečne prostredie), tvorené prevažne zo štrkovitého podložia. Základ pri votknutí je uvažovaný hĺbkový-pilótový. Osová tuhosť pilót je určená geotechnickým výpočtom podľa 2. MS.

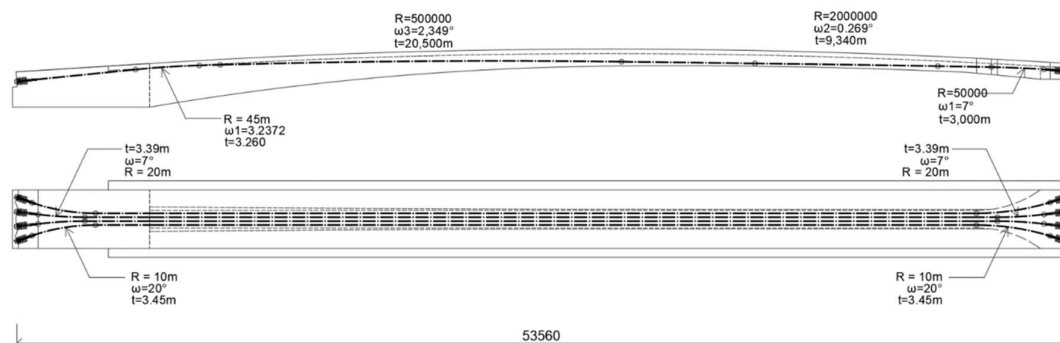


Obrázok 15: Skladba zemín

6 Predpätie

6.1 Trasovanie káblov

Káblkové dráhy sú navrhnuté tak aby vyvodzovali opačný ohybový moment voči zaťaženiu. Dráhy sa skladajú z priamych úsekov a kružnicových oblúkov. Pri votknutí sa výstuž nachádza čo najbližšie pri horných vláknach a vyvodzuje kladný moment. Približne v $x=30\text{m}$ je predpokladaný maximálny kladný moment od zaťaženia. Tam je predpínacia výstuž vedená čo najbližšie k dolnému okraju aby vyvodzovala čo najväčší záporný ohybový moment. V $\frac{1}{4}$ rozpätia je očakávaný nulový ohybový moment od zaťaženia. Práve tam predpínacia výstuž pretína ťažiskovú os konštrukcie. Dráha a predpínacia sila káblov bola iteračne upravovaná aby boli kábly čo najlepšie optimalizované. Týmto spôsobom bola získaná krivka neurčitého tvaru ktorá bola nahradená sústavou priamych úsekov a kružnicových oblúkov ktorá sa dá naimportovať do výpočtového modelu.



Obrázok 16: Trasovanie káblov

7 Výpočtový model

Konštrukcia bola vymodelovaná v programe Scia engineer ako prúťový model. Tvar strednice bol nadefinovaný pomocou MS Excel. Okrajové podmienky modelu pri votknutí boli spresnené zadaním osovej tuhosti podpôr. Pri posuvnej podpore nebolo predpokladané sadanie konštrukcie.

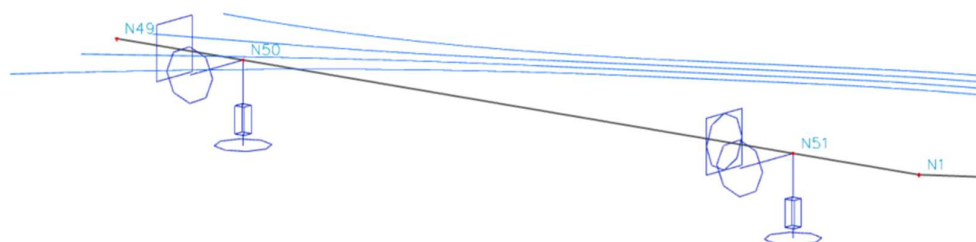


Obrázok 17: Prúťový model mostu



Obrázok 18: Renderovaný prúťový model

Konštrukcia bola modelovaná ako prúťový model. Všetky prvky boli umiestnené na ťažiskovú os konštrukcie, ktorej tvar bola nadefinovaná v programe MS excel. Ťažisková os prechádza ťažiskami dielčích priereзов. Dielčie prierezy boli vykreslené po metri v programe Autocad a potom importované do modelu. Tvary káblov boli do programu nainportované pomocou zdrojovej geometrie. Vo výpočtovom modeli boli uvažované plné prierezy. Pri votknutí boli do modelu zadané tuhosti podpôr predstavujúce skupiny pilót.



Obrázok 19: Detail pružných podpôr

Názov	N50
Typ	Štandard
Uhol [deg]	
Obmedzujúca podmien...	Vlastné
X	Voľný
Y	Tuhý
Z	Pružný
Tuhost' Z [MN/m]	3,4770e+02
Rx	Tuhý
Ry	Voľný
Rz	Voľný
Štandardná veľkosť [m]	0,200
Uzol	N50

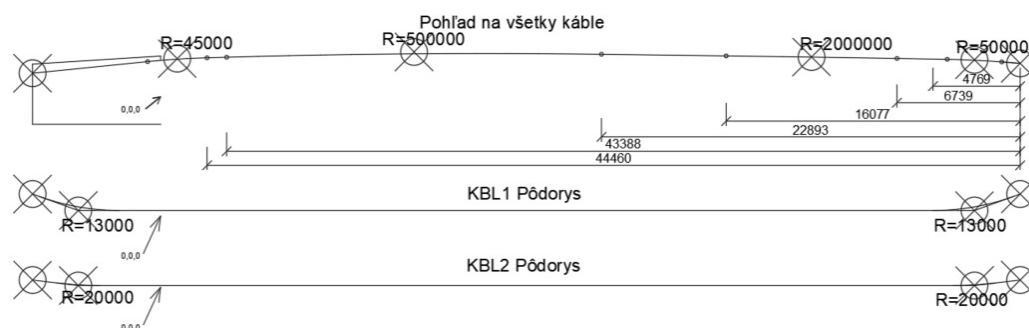
Obrázok 21: Tuhost' ťahanej skupiny pilót

Názov	N51
Typ	Štandard
Uhol [deg]	
Obmedzujúca podmien...	Vlastné
X	Tuhý
Y	Tuhý
Z	Pružný
Tuhost' Z [MN/m]	4,2250e+02
Rx	Tuhý
Ry	Voľný
Rz	Voľný
Štandardná veľkosť [m]	0,200
Uzol	N51

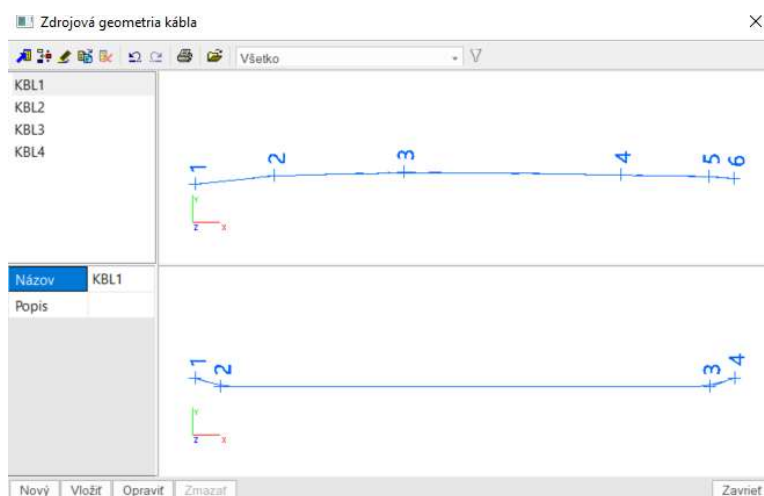
Obrázok 20: Tuhost' tlačenej skupiny pilót

7.1 Predpätie vo výpočtovom modeli

Dráhy káblov boli určené a vykreslené v programe Autocad pomocou príkazu _spline. Neurčitý tvar bol potom nahradený sústavou oblúkov a priamych úsekov s presnosťou na 3 mm. Takto určenej trajektórii boli nájdené súradnice a polomery oblúkov. Určené súradnice káblov boli zadané pomocou textového súboru do dialógu zdrojová geometria.



Obrázok 22: Kábel pripravený na export



Obrázok 23: Dialóg zdrojová geometria

8 Materiálové charakteristiky

Betón C45/55

Mostovka, kotevný blok, základová doska

Charakteristická pevnosť v tlaku

$$f_{ck} = 45,0 \text{ Mpa}$$

Charakteristická pevnosť v ťahu

$$f_{ctm} = 3,8 \text{ Mpa}$$

Dolný kvantil pevnosti v ťahu

$$f_{ctk;0,05} = 2,7 \text{ Mpa}$$

Medzné pomerné pretvorenie

$$\varepsilon_{cu,3} = 3,5 \text{ ‰}$$

Súčiniteľ spoľahlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

Návrhová pevnosť v tlaku

$$f_{cd} = 30,0 \text{ Mpa}$$

Stredná hodnota modulu pružnosti

$$E_{cm} = 36 \text{ GPa}$$

Betonárska výstuž B500B

Charakteristická hodnota medze klzu	$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_s = 200,0 \text{ GPa}$
Súčiniteľ spoľahlivosti ocele	$\gamma_s = 1,15$
Návrhová hodnota medze klzu	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78 \text{ MPa}$
Pomerné pretvorenie na medzi klzu	$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,17 \text{ ‰}$

Predpínacia výstuž Y1860 S7-15,7-A

Charakteristická medza pevnosti	$f_{pk} = 1860,0 \text{ MPa}$
Zmluvná medza klzu	$f_{p0,1k} = 1640,0 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_p = 195,0 \text{ GPa}$
Plocha lana	$A_p = 150,0 \text{ mm}^2$
Maximálne kotevné kotevné napätie	$\sigma_{p,max} = 1440,0 \text{ MPa}$
Maximálne napätie po zakotvení	$\sigma_{pm,0} = 1217,553 \text{ MPa}$
Súčiniteľ spoľahlivosti	$\gamma_p = 1,15$
Návrhová medza pevnosti	$f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_p} = 1426,0 \text{ MPa}$
Pomerné pretvorenie na medzi pevnosti	$\varepsilon_{pd} = \frac{f_{pd}}{E_p} = 7,31 \text{ ‰}$

9 Trvanlivosť a krycia vrstva

Hodnoty nominálnej krycej vrstvy boli vypočítané v závislosti priemeru výstuže a tried vplyvu prostredia. Podrobný výpočet je v prílohe P3-statický výpočet.

10 Zaťaženie

10.1 Stále

10.1.1 Vlastná tiaž

Stálym zaťažením je uvažovaná vlastná tiaž konštrukcie ktorú vypočítal automaticky výpočtový softvér SCIA Engineer na základe vložených prierezov a ich materiálových vlastností. Ostatné stále zaťaženie je vyvodzované od zábradlia. Priamo pochôdzna izolácia Tarco je vo výpočte zanedbaná.

10.1.2 Predpätie

Predpätie je to výpočtu zahrnuté pomocou dialógu zdrojová geometria. Výpočet strát bol v programe vypnuté. Krátkodobé straty sú do výpočtu zahrnuté pomocou MS Excel. Dlhodobé straty sú odhadnuté na 15%. Maximálne kotevné napätie bolo uvažované na $\sigma_{p,max} = 1440 \text{ MPa}$

10.2 Premenné

Ako premenné zaťaženie je uvažované zaťaženie od chodcov. Základná hodnota je definovaná ako $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$. Hodnotu zaťaženie sa ale dá redukovať pomocou vzorca $q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L+30} \text{ kN/m}^2$. Vypočítaná hodnota plošného zaťaženia je potom pre násobená zaťažovacou šírkou. Zaťaženie od chodcov je potom na konštrukciu umiestňované do viacerých polôh. Detailnejšie rozpracovanie sa nachádza v prílohe P3 – statický výpočet.

Ako ďalšie premenné zaťaženie uvažujeme na konštrukcii obslužné vozidlo 12 T. Najnepriaznivejšie kombinácie od pojazdu obslužného vozidla sú zahrnuté do výpočtu pomocou obálky vnútorných síl ktoré vyšli z programu SCIA Engineer. Detailnejší popis zaťaženia viz. príloha P3 – statický výpočet.

10.3 Kombinácie zaťaženia

Boli použité rovnice 6.10a a 6.10b pre medzný stav použiteľnosti a únosnosti podľa ČSN EN 1990. V medznom stave použiteľnosti sa potom používajú kombinácie charakteristické, časté a kvazistále.

10.3.1 Medzný stav únosnosti

Rovnica 6.10a

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \Sigma \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$\gamma_p = 1,0$$

$$\gamma_q = 1,35$$

Rovnica 6.10b

$$\xi \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$\xi = 0,85$$

$$\gamma_p = 1,0$$

$$\gamma_q = 1,35$$

10.3.2 Medzný stav použiteľnosti

Charakteristická kombinácia

$$\Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\psi_0 = 1,0$$

Častá kombinácia

$$\Sigma G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\psi_1 = 0,7$$

Kvazistála kombinácia

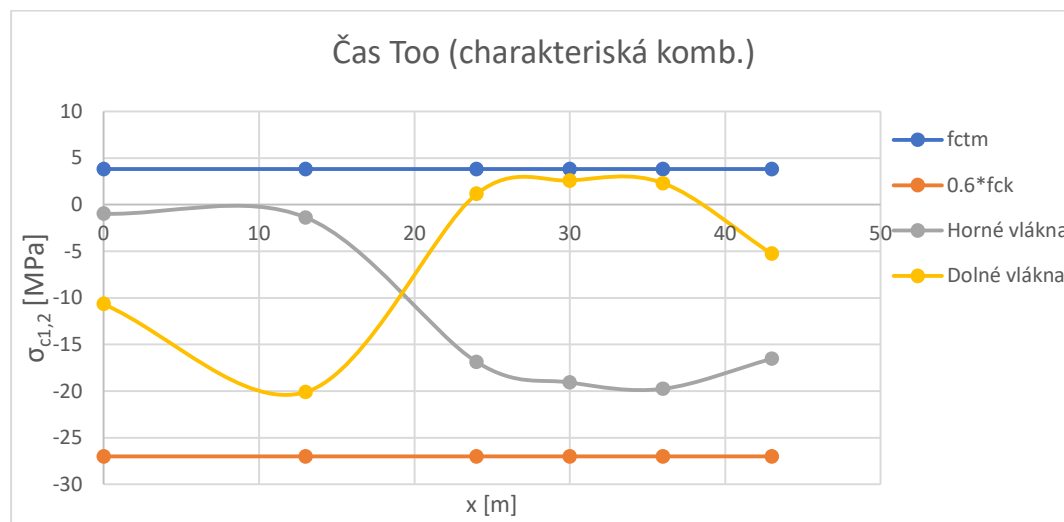
$$\Sigma G_{k,j} + P + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\psi_2 = 0,0$$

11 Medzný stav použiteľnosti

Konštrukcia musí vyhovieť podmienkam po celú dobu životnosti. Je spravené posúdenie na obmedzenie napätí v betóne, v predpínacej výstuži a obmedzenie trhlín.

Najnepriaznivejšie vychádzalo obmedzenie napätí v čase t_{00} pre charakteristickú kombináciu v reze $x=30\text{m}$. Viac o výpočte viz. príloha P3 – statický výpočet.



Obrázok 24: Graf obmedzenia napätí čas t_{00}

12 Medzný stav únosnosti

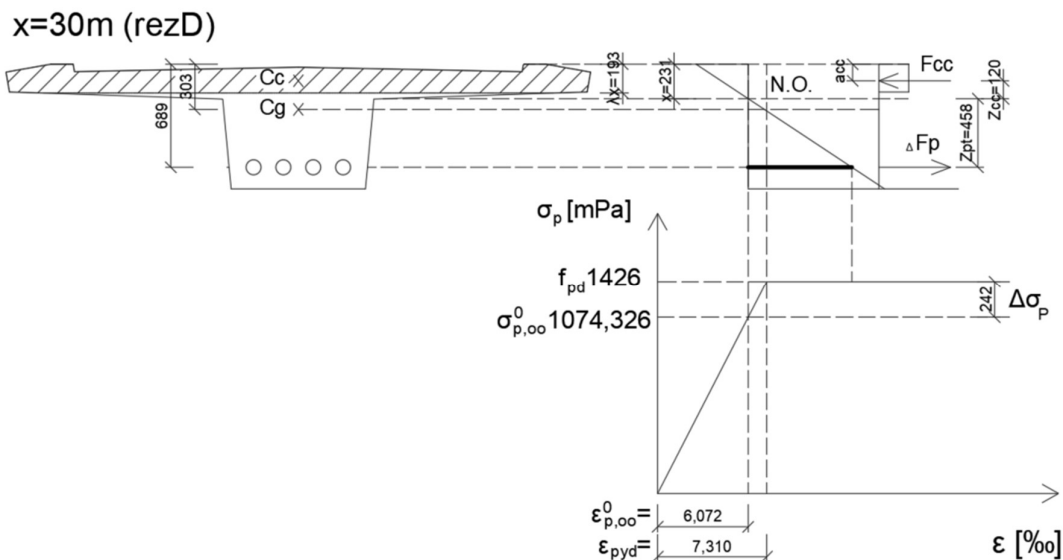
12.1 Ohyb

Posúdenie je spravené v dvoch rezo: $x=0\text{m}$ (rez A), $x=30\text{m}$ (rez B). Pre oba rezy sú uvažované najnepriaznivejšie kombinácie zaťaženia.

Účinok predpínacej výstuže je dostatočný (rezerva cca 20% pre oba rezy) preto je návrh pozdĺžnej výstuže urobený konštrukčne.

$$M_{Rd} = 3721,918 \text{ kNm} > M_{Ed} = 2917,728 \text{ kNm}$$

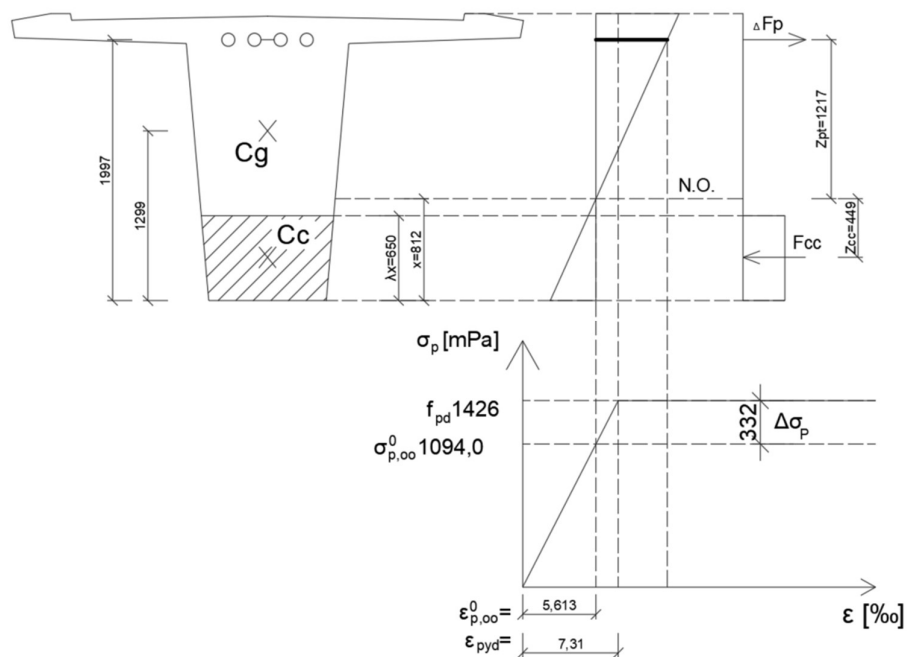
VYHOVUJE



Obrázok 25: Ohyb rez D

$$M_{Rd} = 13776,307 \text{ kNm} > M_{Ed} = 9951,41 \text{ kNm}$$

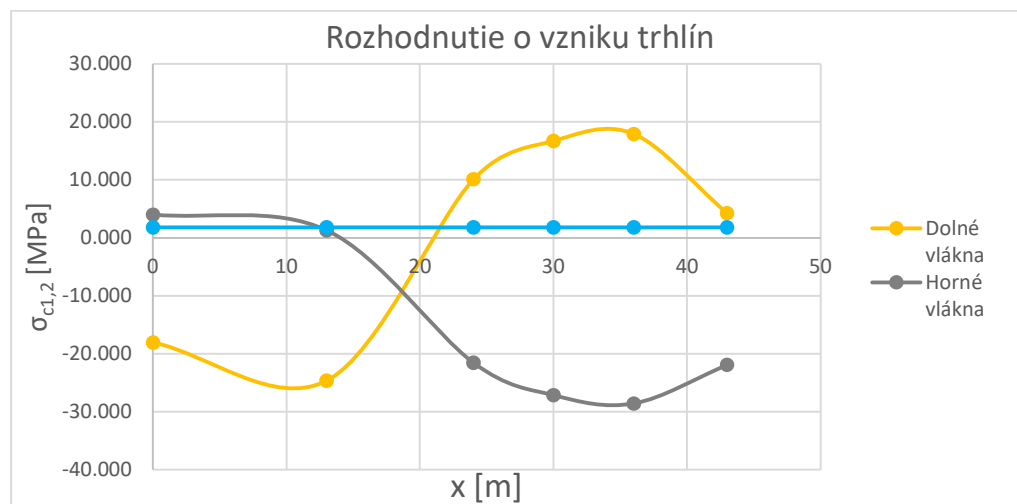
VYHOVUJE



Obrázok 26: Ohyb rez A

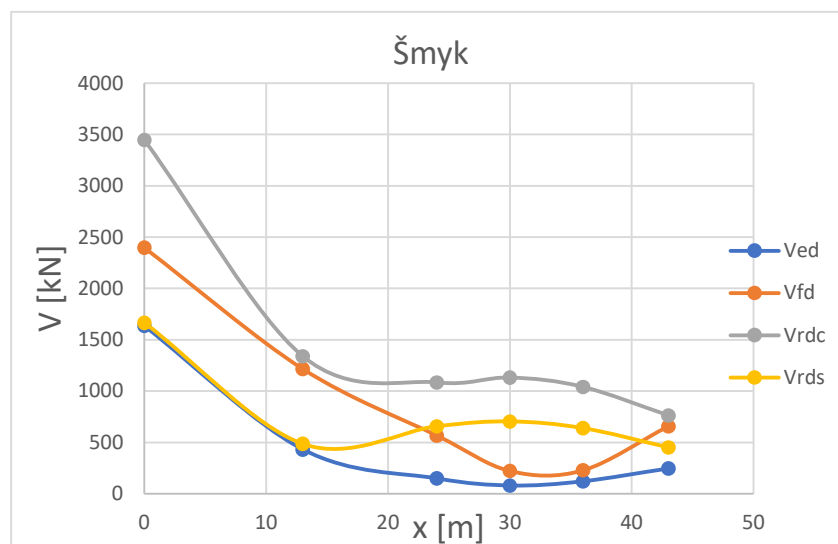
12.2 Šmyk

Predpínacia výstuž má priaznivý vplyv na posúvajúcu silu. Po celej dĺžke prierezu uvažujeme plne potrhanej prierez. To vyplýva z výpočtu určenia potrhania prierezu viz. P3 – statický výpočet.



Obrázok 27: Rozhodnutie o vzniku trhlin

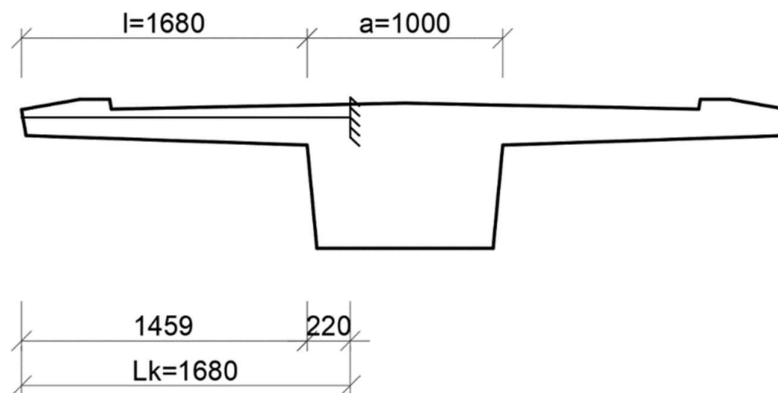
Po celej dĺžke je únosnosť bez šmykovej výstuže dostačujúca preto je navrhnutá konštrukčná šmyková výstuž.



Obrázok 28: Šmyková únosnosť

12.3 Posúdenie v priečnom smere

Ako statická schéma je uvažovaná konzola dĺžky 1,680 m. Je uvažované zaťaženie vlastnou tiažou, ostatným stálym zaťažením. Ako premenné zaťaženie je uvažované zaťaženie od chodcov a od pojazdu obslužného vozidla. Najnepriaznivejšia kombinácia je od obslužného vozidla keď sa koleso na ťažšej nápravy nachádza čo najbližšie k okraju mostovky.



Obrázok 29: Schéma priečneho ohybu

Do výpočtu sú zahrnuté kombinácie 6.10a a 6.10b. a je urobené overenie šmykovej únosnosti. Je navrhnutá priečna výstuž povrchu mostovky.

13 Kotevná oblasť

Sú navrhnuté kotvy VSL-GC-22. Je posúdená oblasť pod kotvou, dielčích oblastí pod kotvami, globálnych oblastí a radiálnych účinkov. Účinky radiálnych účinkov sú sčítané s vodorovnými účinkami štepných síl v kotevnej oblasti a je navrhnutá výstuž viz P3 – statický výpočet.

14 Záver

Cielom bakalárskej práce bol návrh a statické posúdenie lávky pre chodcov cez rieku. V prvom kroku boli navrhnuté 3 staticky a vzhľadovo odlišné varianty z ktorých bola jedna vybraná. Výpočtový model bol vytvorený v programe SCIA Engineer. Konštrukcia vyhovuje požiadavkám na medzný stav únosnosti a použiteľnosti po celú dobu životnosti. V prílohách sa nachádza statický výpočet, výkresová dokumentácia a vizualizácia.

Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Pôdorys terénu	9
Obrázok 2: Rez terénom	10
Obrázok 3: Tvar mosta.....	10
Obrázok 4: Variant A	11
Obrázok 5: Variant A rez.....	11
Obrázok 6: Variant B	12
Obrázok 7: Variant B rez	12
Obrázok 8: Variant C	13
Obrázok 9: Variant C, rez B-B', rez C-C'	13
Obrázok 10: Tvar konštrukcie v MS Excel.....	14
Obrázok 11: Príklady zmeny tvaru kábla v závislosti od vzopätia mostovky.....	14
Obrázok 12: Vývoj priereзов pri hľadaní geometrie	15
Obrázok 13: Schéma votknutia.....	16
Obrázok 14: Schéma posuvného kĺbu	16
Obrázok 15: Skladba zemín	16
Obrázok 16: Trasovanie káblov.....	17
Obrázok 17: Prúťový model mostu	17
Obrázok 18: Renderovaný prúťový model.....	18
Obrázok 19: Detail pružných podpôr	18
Obrázok 20: Tuhosť tlačenej skupiny pilót.....	18
Obrázok 21: Tuhosť ťahanej skupiny pilót	18
Obrázok 22: Kábel pripravený na export.....	19
Obrázok 23: Dialóg zdrojová geometria	19
Obrázok 24: Graf obmedzenia napätí čas Too.....	22
Obrázok 25: Ohyb rez D	23
Obrázok 26: Ohyb rez A	23
Obrázok 27: Rozhodnutie o vzniku trhlín.....	24
Obrázok 28: Šmyková únosnosť.....	24
Obrázok 29: Schéma priečneho ohybu.....	25